



KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN MIKROBIOLOGIS MINUMAN FERMENTASI KOMBUCHA KUNIR PUTIH (*Curcuma mangga* Val.) SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL

[Physicochemical and Microbiological Characteristics of Kombucha Fermented with White Turmeric (*Curcuma mangga* Val.) as a Functional Food]

Asepto Edi Saputro^{1)*}, Dyah Titin Laswati¹⁾, Diah Puspitasari², Eriva Meytara Budi Laksana³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Widy Mataram, Yogyakarta

²Program Studi Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Yogyakarta

³Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Email: asepto29@gmail.com (Telp: +6289601393074)

ABSTRACT

Kombucha is a fermented tea-based beverage known for its bioactive compounds that offer various health benefits. An innovation was introduced by enriching kombucha with white turmeric (*Curcuma mangga* Val.), a natural ingredient rich in antioxidant curcuminoids. This study aimed to evaluate changes in physical (SCOBY thickness and weight), chemical (pH, antioxidant activity, total titratable acidity, alcohol), and microbiological (total acetic acid bacteria and yeast) characteristics of kombucha with white turmeric addition. A non-factorial completely randomized design (CRD) was employed, consisting of three treatments: 1% tea kombucha, 0.5% tea kombucha + 0.5% white turmeric, and 1% white turmeric kombucha. After 14 days of fermentation, the kombucha enriched with 1% white turmeric showed the highest SCOBY thickness and weight (2.23 mm and 35.58 g, respectively). The IC₅₀ value of the 1% white turmeric kombucha was 290.40 µg/mL. This treatment also had a pH of 3.5, titratable acidity of 0.29%, and alcohol content of 0.21%, meeting the standards set by Kombucha Brewers International. Additionally, the 1% white turmeric kombucha contained acetic acid bacteria at log 3.69 CFU/mL and yeast at log 3.63 CFU/mL. These results suggest the potential of white turmeric kombucha to be further developed as a functional beverage.

Keywords: white turmeric, kombucha, functional food

ABSTRAK

Kombucha merupakan minuman fermentasi berbahan dasar teh yang dikenal karena kandungan senyawa bioaktifnya yang memberikan berbagai manfaat kesehatan. Inovasi dilakukan dengan memperkaya kombucha menggunakan kunir putih (*Curcuma mangga* Val.), bahan alami yang kaya akan senyawa antioksidan yaitu kurkuminoid. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik fisik (ketebalan dan bobot SCOBY), kimia (pH, aktivitas antioksidan, total asam tertitrisasi, alkohol), dan mikrobiologis (jumlah bakteri asam asetat dan khamir) pada kombucha dengan penambahan kunir putih. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan tiga perlakuan: kombucha teh 1%, kombucha teh 0,5% + kunir putih 0,5%, dan kombucha kunir putih 1%. Setelah 14 hari fermentasi, kombucha dengan penambahan 1% kunir putih menunjukkan ketebalan dan bobot SCOBY tertinggi, masing-masing sebesar 2,23 mm dan 35,58 g. Nilai IC₅₀ pada kombucha kunir putih 1% adalah 290,40 µg/mL. Perlakuan ini juga memiliki pH sebesar 3,5, total asam tertitrisasi 0,29%, dan kadar alkohol 0,21%, yang telah memenuhi standar dari *Kombucha Brewers International*. Selain itu, kombucha kunir putih 1% mengandung bakteri asam asetat sebesar log 3,69 CFU/mL dan khamir sebesar log 3,63 CFU/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa kombucha kunir putih memiliki potensi untuk terus dikembangkan sebagai minuman fungsional.

Kata kunci: kunir putih, kombucha, pangan fungsional



PENDAHULUAN

Kombucha merupakan minuman fermentasi yang semakin digemari masyarakat karena kandungan senyawa bioaktif di dalamnya, seperti antioksidan, asam organik, dan probiotik, yang diketahui memberikan manfaat kesehatan. Minuman ini dibuat melalui fermentasi teh dengan bantuan kultur simbiotik antara bakteri dan ragi yang dikenal sebagai *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOBY). Proses fermentasi tidak hanya menghasilkan rasa khas, tetapi juga meningkatkan kandungan gizi dari bahan yang digunakan. Salah satu pendekatan inovatif untuk memperkaya manfaat kesehatan dari kombucha adalah dengan menambahkan bahan alami yang memiliki efek farmakologis, contohnya kunir putih (*Curcuma mangga* Val.). Tanaman ini diketahui mengandung senyawa aktif seperti kurkuminoid (Pujimulyani dan Sutardi, 2003), skopoletin, serta 1,7-bis(4-hydroxyphenyl)-1,4,6-heptatrien-3-one (Abas *et al.*, 2005).

Fermentasi sendiri dikenal mampu memberikan efek positif bagi kesehatan. Kombucha menjadi salah satu produk fermentasi yang terus dikembangkan karena selain menyegarkan, juga berpotensi sebagai minuman fungsional (Jayabalan *et al.*, 2014). Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai kombucha telah mengarah pada pemanfaatan berbagai tanaman herbal sebagai bahan tambahan (Hartati *et al.*, 2024; Vitas *et al.*, 2020; Zubaidah *et al.*, 2021, 2023). Umumnya, proses fermentasi kombucha berlangsung selama 3 hingga 14 hari pada suhu ruang, melibatkan teh dan kultur SCOBY (Tu *et al.*, 2024; Martínez-Leal *et al.*, 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan aktivitas antioksidan pada kombucha berbahan dasar kunir putih dan temu hitam (Hartati *et al.*, 2024; Zubaidah *et al.*, 2022).

Kombinasi antara proses fermentasi dan penambahan bahan herbal lokal seperti kunir putih tidak hanya memperkaya profil gizi, tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya alam Indonesia secara berkelanjutan. Pemanfaatan tanaman tradisional yang telah lama dikenal dalam pengobatan herbal ini memberikan nilai tambah pada produk pangan, khususnya dalam menghadapi tren konsumen yang semakin sadar akan pentingnya pangan sehat dan alami. Dengan meningkatnya permintaan terhadap produk-produk berbasis tanaman obat, eksplorasi terhadap kunir putih sebagai bahan tambahan kombucha menjadi sangat relevan untuk dikembangkan, terutama dalam konteks inovasi minuman fungsional. Selain itu, aspek mikrobiologis dalam proses fermentasi juga memainkan peranan penting dalam menentukan kualitas akhir produk. Aktivitas mikroba selama fermentasi mempengaruhi viabilitas probiotik dan produksi senyawa bioaktif. Evaluasi terhadap karakter mikrobiologis pada kombucha dengan penambahan kunir putih menjadi penting untuk memastikan keamanan serta efektivitas manfaat kesehatan yang ditawarkan.

Penambahan kunir putih dalam fermentasi kombucha diharapkan mampu meningkatkan kualitas kimiawinya. Namun, kajian ilmiah mengenai dampaknya terhadap karakteristik kimia, mikrobiologis masih belum



banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan karakteristik kimia seperti pH, total asam, dan aktivitas antioksidan, karakter mikrobiologis berupa viabilitas mikroba pada kombucha dengan penambahan kunir putih. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan minuman fungsional kombucha yang berbasis bahan lokal.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bubuk kunir putih, gula pasir, starter kombucha SCOBY, buffer pH 4 dan 7, indikator pp, NaOH (Merck), aquadest, PGY (Merck), etanol, *yeast extract* (Merck), agar, kloramfenikol (Merck), kalium dihidrogen fosfat, 1,2 diklorobenzena (Merck), reagen DPPH, ABTS, dan FRAP.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Kombucha

Pada pembuatan kombucha digunakan tiga jenis perlakuan yakni kombucha teh 1% (KT), kombucha teh 0,5% + kunir putih 0,5% (KTKP), dan kombucha kunir putih 1% (KKP). Bubuk kunir putih maupun teh dimasukkan pada kantong direbus dengan air panas 100 °C selama 5 menit, kemudian ditambahkan sukrosa 10% (b/v) dan didinginkan hingga suhu ruang. Larutan dipindahkan pada toples kaca. Setelah itu diinokulasikan kultur starter 10% dan dihomogenkan, lalu dimasukkan SCOBY dan diinkubasi pada suhu ruang selama 14 hari.

Analisis Total Bakteri Asam Asetat dan Yeast

Analisis total bakteri asam asetat dan yeast dilakukan dengan metode pour plate pada media PGY agar secara duplo. Pengenceran dimulai dengan 1 mL sampel dicampurkan pada 9 mL larutan 0,85% NaCl secara aseptis untuk memperoleh pengenceran 10⁻¹. Selanjutnya diambil 1 mL sampel dari pengenceran sebelumnya dan dicampurkan pada 9 mL larutan 0,85% NaCl sehingga diperoleh pengenceran 10⁻². Pengenceran dilakukan hingga mencapai tingkat pengenceran yang diinginkan. 1 mL sampel dari hasil pengenceran dimasukan kedalam cawan petri kemudian masukan media bakteri asam asetat (PGY agar, etanol, dan kalsium karbonat) dan media yeast (PGY agar dan kloramfenikol) dengan kondisi yang tidak terlalu panas ke dalam cawan petri. Kemudian goyangkan cawan petri yang sudah terisi media dan sampel dengan membentuk angka 8 sebanyak 3 kali. Diamkan dalam laminar air flow hingga sampel mengering atau menjendal. Kemudian, diinkubasi secara terbalik selama 48 jam dengan suhu 30°C. Perhitungan koloni dihitung dengan range 30-300.

Analisis pH



Pengukuran pH sampel dilakukan menggunakan pH meter. Sebelum dilakukan analisis, dilakukan kalibrasi dengan cara mencelupkan ujung elektroda ke dalam larutan buffer pH 4 dan buffer pH 7. Ujung elektroda terlebih dahulu dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tissue sebelum dicelupkan ke larutan yang berbeda. Ujung elektroda yang sudah bersih, kemudian dicelupkan ke dalam sampel (AOAC, 1999).

Analisis Total Asam Tertitrasi

Pengujian total asam tertitrasi dilakukan berdasarkan (AOAC, 1996). Persentase asam asetat dinyatakan dalam persentase asam tertitrasi. Sebanyak 5 mL sampel dituangkan kedalam klonikal 50 mL, kemudian ditambahkan 2-3 tetes indikator fenolftalein (pp) dan dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N hingga berubah warna secara konsisten. Perhitungan persentase total asam tertitrasi dihitung dengan rumus:

$$\text{TAT (\%)} = \frac{\text{Volume NaOH (mL)} \times \text{N NaOH} \times \text{BM Asam asetat}}{\text{Volume sampel (mL)} \times 1000}$$

Standarisasi NaOH dilakukan sebelum pengukuran total asam tertitrasi, dengan asam oksalat (BM =126 g/mol) yang mana dimulai dari melarutkan 0,1 g asam oksalat kristal dalam 1000 mL akuades, kemudian ditambahkan 3-4 tetes indikator PP dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna atau mencapai titik ekuivalen. Normalitas larutan NaOH dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{N NaOH} = \frac{\text{Volume Asam oksalat (mL)} \times \text{N Asam oksalat}}{\text{Volume NaOH (mL)}}$$

Analisis Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan diuji menggunakan tiga metode yakni DPPH untuk mengetahui karakteristik antioksidan dalam sampel kombucha kunir putih. Pengujian menggunakan DPPH dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 0,15 mL dan dimasukkan dalam tabung reaksi. Reagen DPPH 0,03 mg/mL ditambahkan sebanyak 2,85 mL. Larutan dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dan dalam kondisi ruang gelap. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm. Kemudian dikalibrasi dengan kurva standar trolox untuk mengetahui kadar antioksidan dalam satuan mg trolox/mL.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini yaitu kombucha teh 1% (KT), kombucha teh 0,5% + kunir putih 0,5% (KTKP), dan kombucha kunir putih 1% (KKP).

Analisis Data

Data dianalisis dengan ANOVA (*Analysis of Varian*) dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Analisis data statistik dilakukan dengan menggunakan software SPSS 22.0 (IBM, Armonk, USA). Semua percobaan dilakukan dalam rangkap tiga, dan hasilnya disajikan sebagai rata-rata $\pm$ standar deviasi.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik

Kombucha merupakan hasil fermentasi dari teh, gula dan kultur simbiosis bakteri dan ragi atau yang biasa dikenal dengan SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Proses fermentasi antara SCOBY *starter* dengan substrat akan menghasilkan produk akhir dengan cita rasa yang khas. Fermentasi akan menghasilkan lapisan biomassa yang berbentuk gel yang mengapung diatas permukaan larutan substrat yang biasa dikenal dengan SCOBY baru. Oleh karena itu, munculnya SCOBY dapat menjadi indikator keberhasilan pada proses pembuatan kombucha (Rahardjo *et al.*, 2024). Indikator keberhasilan ini dapat dilihat dari karakteristik fisik SCOBY sebagai cerminan dari aktivitas mikroorganisme yang terkandung dalam kombucha seperti bakteri penghasil selulosa dan ragi penghasil alkohol. Hasil uji Fisik SCOBY dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Fisik SCOBY

Perlakuan	Ketebalan (mm)	Bobot(g)
Kombucha Teh 1%	6,27 ± 0,21 ^a	61,305 ± 1,44 ^a
Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5%	3,33 ± 0,15 ^b	43,139 ± 1,29 ^b
Kombucha Kunir Putih 1%	2,23 ± 0,15 ^c	35,58 ± 1,21 ^c

Ketebalan dan bobot SCOBY menjadi indikator fermentasi yang aktif dan lingkungan yang mendukung untuk pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan hasil pada Tabel 1, kombucha tanpa adanya penambahan kunir putih memiliki hasil ketebalan dan bobot tertinggi, sedangkan kombucha dengan penambahan kunir putih sebesar 1% memiliki hasil terendah pada kedua parameter. Hasil tersebut juga menunjukkan setiap perlakuan berbeda secara signifikan ($P < 0.05$), yang artinya penggunaan jenis substrat mempengaruhi hasil ketebalan dan bobot SCOBY.

Proses fermentasi kombucha melibatkan proses pemecahan gula dalam teh oleh mikroorganisme, sehingga substrat dengan kombucha teh 1% menghasilkan scoby dengan ketebalan tertinggi. Hal ini disebabkan oleh kandungan polifenol dan tanin dalam teh dapat mendukung pertumbuhan bakteri asam asetat yang berperan dalam pembentukan selulosa yang merupakan komponen utama scoby (Rodhiyah *et al.*, 2024). Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Distler *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa aktivitas pertumbuhan bakteri asam asetat berbanding lurus dengan produksi selulosa, sehingga mempengaruhi ketebalan dan bobot SCOBY. Sebaliknya, penambahan kunir putih menyebabkan penurunan ketebalan dan bobot SCOBY seiring dengan meningkatnya konsentrasi kunir putih. Hal ini disebabkan oleh kandungan bioaktif alami seperti kurkumin dan minyak atsiri dalam kunir putih yang memiliki sifat antibakteri sehingga penambahannya akan menghambat aktivitas mikroorganisme dalam SCOBY (Malahayati *et al.*, 2021). Hasil ini sejalan dengan dengan



penelitian Suhardini & Zubaidah (2016) yang menunjukkan bahwa kombucha dari daun sirih yang memiliki kandungan minyak atsiri memiliki ketebalan paling rendah sebesar 0.20 mm.

Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dalam penelitian ini diukur berdasarkan nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi kombucha yang diperlukan untuk menghambat 50% aktivitas radikal bebas. Semakin rendah nilai IC_{50} , maka semakin tinggi aktivitas antioksidan kombucha. Dengan kata lain, semakin kecil hasil IC_{50} menunjukkan semakin baik kemampuan kombucha dalam melawan kerusakan oksidatif dan semakin tinggi aktivitas antioksidannya (Puspaningrum *et al.*, 2022). Hasil uji aktivitas antioksidan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

Perlakuan	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
Kombucha Teh 1%	$79,38 \pm 0,19^a$
Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5%	$205,07 \pm 0,19^b$
Kombucha Kunir Putih 1%	$290,40 \pm 0,23^c$

Berdasarkan hasil Tabel 2, kombucha teh 1% menunjukkan nilai IC_{50} terendah yaitu sebesar $79,38 \pm 0,19^a \mu\text{g/mL}$ yang menunjukkan kekuatan antioksidan tertinggi di antara semua perlakuan kombucha. Nilai IC_{50} pada perlakuan kombucha teh 1% secara signifikan menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5% dan Kombucha Kunir Putih 1%, sebab kedua perlakuan tersebut memiliki nilai $IC_{50} > 200 \mu\text{g/mL}$ dimana nilai ini menunjukkan kategori aktivitas antioksidan lemah.

Perbedaan aktivitas antioksidan ini dapat disebabkan oleh kandungan antioksidan dalam teh berasal dari kandungan polifenol terutama jenis katekin yang merupakan antioksidan kuat dan stabil serta senyawa antioksidan lain seperti tanin. Hal ini sejalan dengan penelitian Coelho *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa hidrolisis glukosa oleh yeast dan bakteri asam laktat menyebabkan adanya peningkatan jumlah senyawa fenol, sehingga aktivitas antioksidannya semakin kuat. Sementara itu, kandungan antioksidan utama pada kunir putih berasal dari senyawa kurkumin (kurkuminoid) yang merupakan senyawa yang bersifat hidrofobik (tidak larut dalam air) dan memiliki kelarutan yang rendah dalam air. Lemahnya efektivitas antioksidan pada kombucha dengan penambahan kunir putih dapat disebabkan oleh lamanya fermentasi yang mencapai 14 hari dan jenis substrat dalam pembuatan kombucha. Meskipun kurkumin lebih stabil dalam kondisi asam dibandingkan dalam kondisi basa ataupun netral, tetapi kondisi asam pada substrat air pada proses fermentasi yang cukup panjang dapat mengakibatkan menurunnya efektivitas antioksidannya yang disebabkan oleh adanya degradasi secara kimiawi dan adanya interaksi dengan mikroorganisme (Malahayati *et al.*, 2021; Naufal *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian Nafisah *et al.* (2024) yang menunjukkan semakin lama waktu fermentasi kombucha



kunyit, semakin rendah efektivitas antioksidannya, dan penelitian Zheng *et al.* (2017) menunjukkan bahwa kurkumin pada pH 3 relatif stabil dalam emulsi dibandingkan dalam air.

Uji pH dan TAT

Penurunan pH dan peningkatan TAT selama fermentasi kombucha merupakan indikator penting dalam mengontrol keamanan dan kestabilan produk. Total asam tertitiasi (TAT) mengukur jumlah total asam yang terbentuk selama fermentasi, biasanya dinyatakan sebagai persen asam asetat. Meskipun pH dan TAT keduanya berkaitan dengan keasaman, keduanya mengukur aspek yang berbeda. Terdapat korelasi negatif antara pH dan TAT yakni saat pH menurun, TAT meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak asam yang terbentuk semakin rendah nilai pH-nya. Hasil uji pH dan TAT dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji pH dan TAT

Perlakuan	pH	TAT (%)
Kombucha Teh 1%	2,60 ± 0,06 ^a	0,63 ± 0,007 ^a
Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5%	3,00 ± 0,06 ^b	0,36 ± 0,005 ^b
Kombucha Kunir Putih 1%	3,50 ± 0,06 ^c	0,29 ± 0,002 ^c

Berdasarkan Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa nilai pH semua perlakuan pada kisaran 2,6-3,5. Nilai pH di bawah 4,6 menunjukkan bahwa produk berada dalam kondisi aman dari pertumbuhan bakteri patogen. Nilai pH pada kombucha teh 1% menunjukkan nilai pH paling rendah dibanding perlakuan dengan penambahan kunir putih yang berbeda secara signifikan. Hal ini sejalan dengan nilai TAT yang menunjukkan pada kombucha teh 1 % memiliki kadar asam asetat tertinggi.

Penambahan kunir putih pada kombucha menghambat produksi asam asetat dan penurunan pH. Hal ini disebabkan kunir putih memiliki sifat antimikrobia yang bisa menghambat pertumbuhan bakteri penghasil asam asetat sehingga hasil akhir menunjukkan nilai pH lebih tinggi dan nilai TAT yang lebih rendah dibanding kombucha tanpa kunir putih. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Adila dan Azhar (2022) yang menunjukkan senyawa antimikrobia dalam kunir putih dapat menekan aktivitas bakteri penghasil asam asetat, sehingga secara tidak langsung mempengaruhi pH dan TAT. Namun, nilai pH dan TAT yang dihasilkan dari produk kombucha dengan dan tanpa kunir putih sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh *Kombucha Brewers International* yakni nilai pH pada kisaran 2.3-3.8 dan kadar asetat berkisar 0.27-2.03%.

Uji Kadar Etanol

Standar halal untuk produk fermentasi memiliki batasan untuk kadar alkohol, khususnya kadar etanol yang diperbolehkan. Sebagai negara dengan penduduk mayoritas muslim sangat penting memperhatikan



produk pangan yang mengandung alkohol. Oleh karena itu, pengujian kadar alkohol dalam penelitian ini penting untuk dilakukan selain mengacu pada standar kombucha menurut *Kombucha Brewers International*. Hasil uji etanol dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Etanol

Perlakuan	Etanol (%)
Kombucha Teh 1%	0,74 ± 0,015 ^a
Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5%	0,31 ± 0,12 ^b
Kombucha Kunir Putih 1%	0,21 ± 0,015 ^c

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kadar etanol kombucha teh 1% memiliki nilai tertinggi yakni 0,74% dan kadar etanol menurun seiring penambahan kunir putih. Hal ini disebabkan adanya sifat antimikrobia dari senyawa bioaktif alami seperti kurkumin dan minyak atsiri dalam kunir putih yang penambahannya akan menghambat aktivitas mikrobial (Malahayati *et al.*, 2021). Dalam hal ini mikrobial yang terhambat pertumbuhannya adalah yeast. Dalam fermentasi kombucha, yeast bertanggung jawab untuk memfermentasi sukrosa (gula) menjadi etanol (alkohol) dan CO₂ (Jayabalan, R., *et al.*, 2017). Meskipun senyawa antimikrobia menghambat pertumbuhan yeast dan mengakibatkan produksi etanol juga terhambat namun penelitian ini menghasilkan kadar etanol pada semua perlakuan yang masih sesuai dengan standar *Kombucha Brewers International* yakni pada kisaran 0.00-3.2%.

Secara umum, makanan atau minuman fermentasi yang mengandung etanol kurang dari 0.5% dianggap halal, selama alkohol tersebut bukan berasal dari *khamr* (minuman beralkohol yang memabukkan) dan tidak membahayakan kesehatan. Sebagian besar pedoman halal, termasuk fatwa MUI Nomor 10 Tahun 2018, menetapkan batas 0.5% etanol sebagai ambang batas kehalalan dalam makanan dan minuman fermentasi. Beberapa produk fermentasi mungkin mengandung alkohol lebih dari 0.5%, namun jika memiliki manfaat kesehatan yang signifikan, tidak membahayakan, dan tidak memabukkan, fatwa MUI memperbolehkannya untuk dikonsumsi.

Uji Total Bakteri Asam Asetat dan Yeast

Fermentasi kombucha merupakan proses kompleks yang melibatkan kerja simbiotik antara bakteri asam asetat dan yeast. Dalam proses fermentasi, yeast berperan dalam mengubah sukrosa menjadi etanol sementara bakteri asam asetat mengoksidasi etanol menjadi asam asetat dan asam organik lainnya, yang berkontribusi terhadap keasaman dan sifat fungsional kombucha. Penambahan kunir putih dalam pembuatan kombucha dapat mempengaruhi dinamika populasi mikroorganisme selama fermentasi. Oleh karena itu, pengamatan terhadap jumlah bakteri asam asetat dan yeast pada kombucha kunir putih menjadi penting untuk



memahami bagaimana keberadaan senyawa bioaktif dari kunir putih memengaruhi keseimbangan mikroba fermentasi. Hasil uji total asam asetat dan yeast dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Total Bakteri Asam Asetat dan Yeast

Perlakuan	BAA (log CFU/ml)	Yeast(log CFU/ml)
Kombucha Teh 1%	6,85 ± 0,16 ^a	6,53 ± 0,26 ^a
Kombucha Teh 0,5% + Kunir Putih 0,5%	4,67 ± 0,08 ^b	4,58 ± 0,34 ^b
Kombucha Kunir Putih 1%	3,69 ± 0,26 ^c	3,63 ± 0,09 ^c

Berdasarkan Tabel 5 tersebut dapat dilihat bahwa jumlah bakteri asam asetat dan yeast pada kombucha teh 1% memiliki nilai yang paling besar yakni berturut-turut log 6,85 CFU/ml dan log 6,53 CFU/ml. Semakin besar penambahan konsentrasi kunir putih menunjukkan penurunan hasil total bakteri asam asetat dan yeast yang berbeda secara signifikan. Hal ini disebabkan adanya sifat antimikrobia dari senyawa bioaktif alami seperti kurkumin dan minyak atsiri dalam kunir putih yang penambahannya akan menghambat aktivitas mikrobia (Malahayati *et al.*, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara kadar total bakteri asam asetat dan yeast yang menurun seiring penambahan kunir putih. Menurut Villarreal-Soto, S. A., *et al.* (2018), yeast berperan dalam memproduksi enzim invertase untuk mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, lalu memfermentasi monosakarida tersebut menjadi etanol dan CO₂. Etanol dihasilkan sebagai hasil utama fermentasi alkoholik oleh yeast serta CO₂ yang memberikan karakter karbonasi alami. Etanol adalah substrat primer bagi BAA untuk menghasilkan asam asetat dan asam organik lainnya. BAA akan mengoksidasi etanol menjadi asam asetat dan aldehida, menurunkan pH dan meningkatkan keasaman.

Yeast dan BAA bekerja dalam simbiosis yakni yeast menghasilkan substrat (etanol) untuk BAA, sementara BAA menciptakan lingkungan asam yang menekan pertumbuhan yeast berlebih (Tran, T., Grandvalet, C., Verdier, F., *et al.*, 2020). Sehingga ketika yeast terhambat pertumbuhannya oleh senyawa antimikrobia kunir putih maka otomatis pertumbuhan BAA juga akan terhambat baik secara langsung oleh senyawa antimikrobia maupun secara tidak langsung karena pertumbuhan yeast yang terhambat. Hal ini sejalan dengan hasil nilai pH, kadar asam asetat, dan kadar alkohol dari penelitian yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Penambahan kunir putih (*Curcuma mangga* Val.) dalam pembuatan kombucha memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik fisik, kimia, dan mikrobiologis produk. Kombucha dengan penambahan kunir putih yang semakin tinggi menunjukkan penurunan ketebalan dan bobot SCOBY, aktivitas antioksidan, serta jumlah



bakteri asam asetat dan yeast, pH dan kadar etanol dibandingkan dengan kombucha teh tanpa penambahan kunir putih. Meskipun demikian, kombucha kunir putih 1% tetap memenuhi standar pH (3,5), kadar asam asetat (0,29%), dan etanol (0,21%) sesuai dengan acuan Kombucha Brewers International serta berada dalam ambang batas kehalalan berdasarkan fatwa MUI. Hasil ini menunjukkan bahwa kombucha kunir putih memiliki potensi sebagai minuman fungsional meskipun perlu pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas antioksidannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas F, Lajis NH, Shaari K, Israfi DA, Stanslas J, Yusuf UK, Raof SM. 2005. A labdane diterpene glucoside from the rhizome of *Curcuma mangga*. J. Nat. Prod. 68(1): 109–113. <https://doi.org/10.1021/np049682u>
- Adila A, Azhar A. 2022. Karakteristik kimiawi dan aktivitas antibakteri terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada kombucha berbagai jenis rimpang [Skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- AOAC. 1996. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16th ed. Arlington, VA: AOAC International.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th ed., 5th revision. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Coelho RMD, Almeida AL, Amaral RQG, Mota RN, Sousa PHM. 2020. Kombucha: Review. *Int. J. Gastron. Food Sci.* 22: 100272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>.
- Distler T, Huemer K, Leitner V, Bischof RH, Groiss H, Guebitz GM. 2023. Production of bacterial cellulose by *Komagataeibacter intermedius* from spent sulfite liquor. *Bioresour. Technol. Rep.* 24: 101655. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101655>.
- Hartati FK, Kurnia D, Nafisah W, Haryanto IB. 2024. Potential anticancer agents of *Curcuma aeruginosa*-based kombucha: In vitro and in silico study. *Food Chem. Adv.* 4: 100250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100250>.
- Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. 2014. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13(4): 538–550. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>.
- Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. 2017. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 16(1): 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12278>.
- Kombucha Brewers International. 2015. KBI Publishes Best Practices for Commercial Kombucha Brewers.



- Malahayati N, Widowati TW, Febrianti A. 2021. Karakterisasi ekstrak kurkumin dari kunyit putih (*Kaemferia rotunda* L.) dan kunyit kuning (*Curcuma domestica* Val.). *agriTECH* 41(2): 134–144. DOI: <https://doi.org/10.22146/agritech.41345>.
- Majelis Ulama Indonesia. 2018. *Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 10 Tahun 2018 tentang Produk Makanan dan Minuman yang Mengandung Alkohol/Etanol*. Jakarta: Komisi Fatwa MUI.
- Martínez-Leal J, Ponce-García N, Escalante-Aburto A. 2020. Recent evidence of the beneficial effects associated with glucuronic acid contained in kombucha beverages. *Curr. Nutr. Rep.* 9(2): 163–170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13668-020-00312-6>.
- Naufal A, Harini N, Putri DN. 2023. Karakteristik kimia dan sensori minuman instan kombucha dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) berdasarkan konsentrasi gula dan lama fermentasi. *J. Teknol. Ilmu Pangan* 5(2): 215–224. DOI: <https://doi.org/10.22219/fths.v5i2.21556>.
- Pujimulyani D, Sutardi. 2003. Curcuminoid content and antioxidative properties on white saffron extract (*Curcuma mangga* Val.). Proceedings of the International Conference on Redesigning Sustainable Development of Food and Agricultural Systems for Developing Countries; 17–18 September 2003; Yogyakarta.
- Puspaningrum DDH, Sumandewi NLU, Sari NKY. 2022. Karakteristik kimia dan aktivitas antioksidan selama fermentasi kombucha cascara kopi arabika (*Coffea arabica* L.) Desa Catur Kabupaten Bangli. *J. Sains dan Edukasi Sains* 5(2): 44–51. DOI: <https://doi.org/10.24246/juses.v5i2p44-51>.
- Rahardjo M, Lestario LN, Prasojo RII. 2024. Perbandingan sifat kimia dan sensori terhadap penggunaan madu, gula jagung, dan gula pasir pada fermentasi kombucha. *J. Sains dan Teknol. Pangan* 9(3): 7368–7380.
- Rodhiyah IA, Ambarwati, Putri LM. 2024. Pengaruh variasi lama fermentasi kombucha rimpang jahe putih dengan pemanis stevia terhadap kuantitas kandungan vitamin C dan kadar antioksidan. *BIOEDUSAINS: J. Pendidik. Biol. dan Sains* 7(1): 1–6. DOI: <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9186>.
- Suhardini PN, Zubaidah E. 2016. Studi aktivitas antioksidan kombucha dari berbagai jenis daun selama fermentasi. *J. Pangan dan Agroindustri* 4(1): 221–229.
- Tran T, Grandvalet C, Verdier F, Martin J, Spano L, Deleris-Bou M, Alexandre H. 2020. Microbial dynamics between yeasts and acetic acid bacteria in kombucha: impacts on the chemical composition of the beverage. *Foods* 9(7): 963. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070963>.
- Tu C, Yu T, Feng S, Xu N, Massawe A, Shui S, Zhang B. 2024. Dynamics of microbial communities, flavor, and physicochemical properties of kombucha-fermented *Sargassum fusiforme* beverage during fermentation. *LWT* 192: 115729. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115729>.



- Villarreal-Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souhard JP, Taillandier P. 2018. Understanding kombucha tea fermentation: a review. J. Food Sci. 83(3): 580–588. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>.
- Vitas J, Vukmanović S, Čakarević J, Popović L, Malbaša R. 2020. Kombucha fermentation of six medicinal herbs: Chemical profile and biological activity. Chem. Ind. Chem. Eng. Q. 26(2): 157–170. DOI: <https://doi.org/10.2298/CICEQ190708034V>.
- Zheng B, Zhang Z, Chen F, Luo X, McClements DJ. 2017. Impact of delivery system type on curcumin stability: Comparison of curcumin degradation in aqueous solutions, emulsions, and hydrogel beads. Food Hydrocoll. 71: 187–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.022>.
- Zubaidah E, Nisak YK, Wijayanti SA, Christianty RA. 2021. Characteristic of microbiological, chemical, and antibacterial activity of turmeric (*Curcuma longa*) kombucha. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 924(1): 012080. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012080>.
- Zubaidah E, Dea EC, Sujuti H. 2022. Physicochemical and microbiological characteristics of kombucha based on various concentration of Javanese turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*). Biocatal. Agric. Biotechnol. 44: 102467. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102467>.
- Zubaidah E, Charista Dea E, Rahayu AP, Fibrianto K, Saparianti E, Sujuti H, Godelive L, Srianta I, Tewfik I. 2023. Enhancing immunomodulatory properties of Javanese turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) kombucha against diethylnitrosamine in male Balb/c mice. Process Biochem. 133: 303–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2023.09.012>.